



(21)(A1) 2,246,003  
(22) 1998/10/01  
(43) 1999/04/02

AH

7

(72) SAUDEMONT, Thierry, FR

(72) SPITZ, Roger, FR

(72) BROYER, Jean-Pierre, FR

(72) MALINGE, Jean, FR

(72) VERDEL, Nathalie, FR

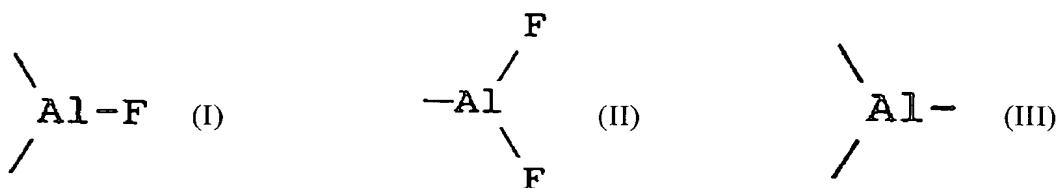
(71) ELF ATOCHEM S.A., FR

(51) Int.Cl.<sup>6</sup> C08F 4/02, C08F 4/642, C08F 4/64, C08F 10/00

(30) 1997/10/02 (97 12 270) FR

**(54) SUPPORT SOLIDE ACTIVATEUR DES CATALYSEURS  
METALLOCENES EN POLYMERISATION DES OLEFINES,  
SON PROCEDE DE PREPARATION, SYSTEME  
CATALYTIQUE ET PROCEDE DE POLYMERISATION  
CORRESPONDANTS**

**(54) SOLID SUPPORT FOR ACTIVATING METALLOCENE  
CATALYSTS IN OLEFIN POLYMERIZATION, ITS  
PREPARATION PROCESS, CORRESPONDING CATALYTIC  
SYSTEM AND POLYMERIZATION PROCESS**



(57) Ce support solide activateur des métallocènes en tant que catalyseurs dans la polymérisation des oléfines, caractérisé par le fait qu'il consiste en un ensemble de particules de support de composant catalytique solide, formées d'au moins un oxyde minéral poreux, lesdites particules ayant été modifiées pour porter, en surface, des sites acides de Lewis, aluminiques et/ou magnésiens de formule : (voir formule I); (voir formule II) ou -Mg-F, les groupes (voir formule III) provenant d'un agent de fonctionnalisation ayant réagi sur des radicaux -OH portés par les particules de base du support, la réaction de fonctionnalisation ayant été suivie par une réaction de

(57) This solid support for activating metallocenes as catalysts in the polymerization of olefins, characterized by the fact that it consists of a set of solid catalytic support particles, made up of at least one porous mineral oxide, the said particles having been modified to carry on their surface aluminic and/or magnesian Lewis acid sites having the formula: (see formula I); (see formula II) or -Mg-F, the groups (see formula III) resulting from a functionalizing agent that has reacted on -OH radicals borne by support base particles, the functionalization reaction being followed by a fluorination reaction. The catalytic system in the invention includes (a) a



(21) (A1) **2,246,003**  
(22) 1998/10/01  
(43) 1999/04/02

fluoration. Le système catalytique selon l'invention comprend (a) un catalyseur métallocène, lequel a, le cas échéant, été soumis à une préalkylation; ; (b) un cocatalyseur ; et (c) un support solide activateur du métallocène tel que défini ci-dessus, le cocatalyseur (b) pouvant être absent si le catalyseur métallocène (a) a été préalablement alkylé, le support (c) pouvant avoir été imprégné par le catalyseur métallocène (a), lequel a, le cas échéant, été soumis à un traitement de préalkylation conduit soit avant, soit après la préimprégnation dudit support.

metallocene catalyst, which has been subject, where applicable, to prealkylation; (b) a co-catalyst; and (c) a solid support for activating metallocenes, as defined above, the co-catalyst (b) being potentially absent if the metallocene catalyst (a) was previously alkylated, the support (c) being potentially impregnated by the metallocene catalyst (a), which, where applicable, has been subject to prealkylation treatment conducted either before or after the preimpregnation of the said support.

SUPPORT SOLIDE ACTIVATEUR DES CATALYSEURS MÉTALLOCÈNES EN POLYMÉRISATION DES OLÉFINES, SON PROCÉDÉ DE PRÉPARATION, SYSTÈME CATALYTIQUE ET PROCÉDÉ DE POLYMÉRISATION CORRESPONDANTS.

5           La présente invention porte sur un support solide activateur des catalyseurs métallocènes utilisés pour la polymérisation des oléfines ; sur un procédé de préparation d'un tel support ; sur le système catalytique correspondant ; ainsi que sur la polymérisation des  
10 oléfines, en suspension ou en phase gazeuse, à l'aide d'un tel système catalytique.

Il est bien connu de (co)polymériser l'éthylène et des alpha-oléfines en présence d'un système catalyseur métallocène/aluminoxane. Le premier système catalytique  
15 très actif de ce type qui a été découvert est celui à base de zirconocène :  $Cp_2ZrCl_2$ /aluminoxane. Les systèmes catalyseurs métallocène/aluminoxane sont solubles dans le milieu de polymérisation. Le développement des recherches dans ce domaine a conduit à découvrir d'autres catalyseurs  
20 métallocènes, comme les métallocènes pontés, lesquels sont capables de conduire, dans le cas de la copolymérisation de l'éthylène avec les alpha-oléfines, à une meilleure homogénéité de répartition des comonomères dans les chaînes moléculaires.

25           Les aluminoxanes, en particulier le méthylaluminoxane qui est le plus couramment utilisé, présentent cependant les inconvénients d'être des produits onéreux et instables, responsables en partie de la mauvaise morphologie des polymères, ce qui provoque l'encrassement  
30 des réacteurs et rend le convoyage très compliqué.

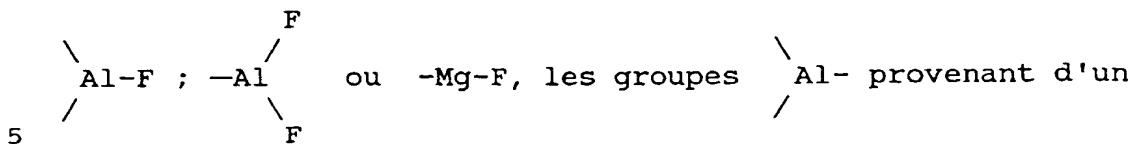
La Société déposante a recherché à résoudre ce problème dans le but de proposer un système catalytique à base de métallocène, actif en polymérisation des oléfines, n'utilisant pas ou utilisant moins d'aluminoxane que par le  
35 passé.

Il est maintenant admis qu'un complexe métallocène a une nature cationique sous sa forme active. Ceci a été vérifié par plusieurs méthodes spectrométriques et par l'équivalence des propriétés de deux polymères produits l'un par le système métallocène/aluminoxane, et, l'autre, par des systèmes métallocène/sels cationiques stables. Le rôle de l'aluminoxane est supposé être l'alkylation du métallocène, l'activation de l'espèce méthylée par formation d'un complexe cationique, et la stabilisation de cette espèce active. De nombreux contre-anions non-coordonnats ont été proposés pour remplacer l'aluminoxane dans son rôle d'activateur [J. EWEN, M. ELDER, R. JONES, L. HASPESLAGH, J. ATWOOD, S. BOTT, K. ROBINSON : Makromol. Chem. Macromol. Symp. 48/49, 253 (1991) ; M. BOCHMANN, S. LANCASTER : Organometallics 12, 633 (1993)].

La Société déposante a découvert que le contre-anion du complexe cationique actif pouvait être constitué par un support solide, avantageusement de structure définie et contrôlée comparable à celle des supports employés en catalyse Ziegler-Natta classique pour permettre le développement physique de la polymérisation, ledit support étant fonctionnalisé pour créer des sites acides qui activent le métallocène sans le complexer.

Le support solide selon l'invention, tel que défini ci-après, constitue un support activateur qui a permis d'atteindre des niveaux d'activité en polymérisation des oléfines au moins égaux, mais souvent supérieurs, à l'activité affichée par un système purement homogène.

La présente invention a donc d'abord pour objet un support solide activateur des métallocènes en tant que catalyseurs dans la polymérisation des oléfines, caractérisé par le fait qu'il consiste en un ensemble de particules de support de composant catalytique solide, formées d'au moins un oxyde minéral poreux, lesdites particules ayant été modifiées pour porter, en surface, des sites acides de Lewis, aluminiques et/ou magnésiens, de formule :



agent de fonctionnalisation ayant réagi sur des radicaux -OH portés par les particules de base du support, la réaction de fonctionnalisation ayant été suivie par une réaction de fluororation.

10 L'utilisation directe de fluorures d'aluminium et/ou de magnésium présente des difficultés peu surmontables en termes de réalisation d'un support ayant les propriétés granulométriques et poreuses adéquates.

15 Les oxydes minéraux poreux sont avantageusement choisis parmi la silice, l'alumine et leurs mélanges.

Les particules d'oxyde minéral poreux possèdent, de préférence, au moins l'une des caractéristiques suivantes :

- elles comportent des pores d'un diamètre allant de 7,5 à 30 nm (75 à 300 Å) ;
- elles présentent une porosité allant de 1 à 4 cm<sup>3</sup>/g ;
- elles présentent une surface spécifique allant de 100 à 600 m<sup>2</sup>/g; et
- elles présentent un diamètre moyen allant de 1 à 25 100 µm.

Le support, avant sa modification, présente à sa surface des radicaux -OH, en particulier de 0,25 à 10, et, de manière encore davantage préférée, 0,5 à 4 radicaux -OH par nm<sup>2</sup>. Après sa modification, ledit support présente autant de sites acides de Lewis aluminiques et/ou magnésiens au moins partiellement fluorés par nm<sup>2</sup>.

30 Le support peut être de nature diverse. Suivant sa nature, son état d'hydratation et son aptitude à retenir l'eau, on peut être amené à lui faire subir des traitements de déshydratation plus ou moins intenses, suivant la teneur 35 en radicaux -OH souhaitée en surface.

L'homme du métier peut aboutir par des tests de routine au traitement de déshydratation qu'il convient

d'appliquer au support qu'il a choisi, suivant la teneur en radicaux -OH souhaitée en surface.

Par exemple, si le support est en silice, ce qui est conforme à un mode de réalisation préféré de l'invention, la silice peut être chauffée entre 100 et 1 000°C et, de préférence, entre 140 et 800°C, sous balayage d'un gaz inerte comme l'azote ou l'argon, à la pression atmosphérique ou sous vide, par exemple de pression absolue  $1 \times 10^{-2}$  millibars, pendant par exemple au moins 60 min. Pour ce traitement thermique, la silice peut être mélangée par exemple à du NH<sub>4</sub>Cl de façon à accélérer la déshydratation.

Si ce traitement thermique est compris entre 100 et 450°C, il est envisageable de le faire suivre d'un traitement de silanisation. Ce genre de traitement aboutit à greffer, en surface du support, une espèce dérivée du silicium pour rendre plus hydrophobe cette surface. Ce silane peut, par exemple, être un alcoxytrialkylsilane tel que le méthoxytriméthylsilane, un trialkylchlorosilane tel que le triméthylchlorosilane ou le triéthylchlorosilane.

Ce silane est généralement appliqué sur le support en réalisant une suspension de ce support dans une solution organique de silane. Ce silane pourra, par exemple, être en concentration comprise entre 0,1 et 10 moles par mole de radicaux OH sur le support. Le solvant de cette solution pourra être choisi parmi les hydrocarbures aliphatiques linéaires ou ramifiés comme l'hexane ou l'heptane, les hydrocarbures alicycliques éventuellement substitués comme le cyclohexane, les hydrocarbures aromatiques comme le toluène, le benzène ou le xylène. Le traitement du support par la solution du silane est généralement réalisé entre 50°C et 150°C, pendant 1 à 48 heures et sous agitation.

Après silanisation, le solvant est éliminé, par exemple par siphonnage ou filtration, le support étant alors lavé, de préférence abondamment, par exemple par 0,3 l de solvant par gramme de support.

Le taux surfacique du support en radicaux -OH peut être dosé selon des techniques connues telles que, par

exemple, par réaction d'un organomagnésien comme  $\text{CH}_3\text{MgI}$  sur le support, avec mesure de la quantité de méthane dégagé [Mc Daniel, J. Catal., 67, 71(1981)] ; par réaction du triéthylaluminium sur le support, avec mesure de la quantité 5 d'éthane dégagée [Thèse de Véronique Gachard-Pasquet, Université Claude Bernard - LYON 1, France, 1985, pages 221-224].

Conformément à la présente invention, lesdits sites acide de Lewis aluminiques et/ou magnésiens au moins 10 partiellement fluorés sont formés par la réaction de radicaux -OH portés par les particules de base de support avec au moins un agent de fonctionnalisation choisi parmi :

- les composés de la formule (I) :



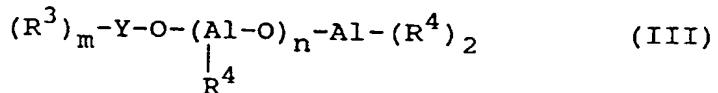
15 dans laquelle les  $\text{R}^1$ , identiques ou différents, représentent chacun un groupe alkyle en  $\text{C}_1-\text{C}_{20}$  ;

- les composés de la formule (II) :



20 dans laquelle les  $\text{R}^2$ , identiques ou différents, représentent chacun un groupe alkyle en  $\text{C}_1-\text{C}_{20}$  ; et

- les composés de la formule (III) :

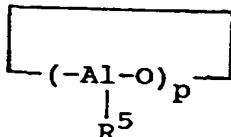


25 dans laquelle :

- les  $\text{R}^3$ , identiques ou différents représentent chacun un groupe alkyle en  $\text{C}_1-\text{C}_{12}$  ou un groupe alcoxy en  $\text{C}_1-\text{C}_{12}$  ;
- les  $\text{R}^4$ , identiques ou différents, représentent chacun un groupe alkyle en  $\text{C}_1-\text{C}_{12}$  ou un groupe alcoxy en  $\text{C}_1-\text{C}_{12}$  ;
- $\text{Y}$  représente Al ou Si,  $m$  valant 2 si  $\text{Y} = \text{Al}$  et 3 si  $\text{Y} = \text{Si}$  ; et

- $n$  vaut 0 ou est un entier de 1 à 40, de préférence  $n$  valant 0 ou étant un entier de 1 à 20 ;
- les composés de formule (IV) :

5



(IV)

dans laquelle :

- les  $\text{R}^5$  représentent chacun un groupe alkyle en  $\text{C}_1-\text{C}_8$  ; et
- $p$  est un entier de 3 à 20,

ladite réaction de fonctionnalisation ayant été suivie par une réaction de fluoration.

A titre d'exemples de composés (I), on peut citer 15 ceux dans lesquels les  $\text{R}^1$  représentent méthyle, éthyle, butyle et hexyle, l'aluminium pouvant porter 1, 2 ou 3 groupements différents ; un composé (I) préféré est le triéthylaluminium.

A titre d'exemples de composés (II), on peut citer 20 ceux dans lesquels  $\text{R}^2$  représente méthyle, éthyle et butyle ; un composé (II) préféré est le n-butyl sec.-butyl magnésium.

A titre d'exemples de composés (III), on peut citer le dibutoxyaluminoxytriéthoxysilane 25  $(\text{C}_2\text{H}_5\text{O})_3\text{Si-O-Al-(OC}_4\text{H}_9)_2$ , le tétraisobutyldialuminoxane  $(\text{iBu})_2\text{Al-O-Al(iBu)}_2$ , et les alkyl aluminoxanes oligomères linéaires, en particulier ceux dans lesquels  $\text{R}^3$  et  $\text{R}^4$  sont des groupes méthyle.

Les composés (IV) sont des alkyl aluminoxanes 30 oligomères cycliques ; on peut citer en particulier ceux dans lesquels  $\text{R}^5$  est un groupe méthyle.

La présente invention porte également sur un support fonctionnalisé fluoré, tel qu'il vient d'être

décrit, à l'état préimprégné par un catalyseur métallocène, ledit catalyseur métallocène ayant été le cas échéant soumis à un traitement de préalkylation conduit avant ou après la préimprégnation dudit support.

5        La présente invention porte également sur un procédé de préparation d'un support solide activateur des métallocènes en tant que catalyseurs dans la polymérisation des oléfines, caractérisé par le fait que l'on soumet à une fonctionnalisation un ensemble de particules de support de

10      10 composant catalytique solide, formées d'au moins un oxyde minéral poreux et portant, en surface, des radicaux -OH, en utilisant un agent de fonctionnalisation capable de greffer sur lesdites particules des sites acides de Lewis, aluminiques et/ou magnésiens ; puis que l'on soumet lesdites

15      15 particules de support ainsi greffées à un traitement de fluoruration.

Pour la mise en oeuvre de ce procédé, on peut utiliser les particules de support telles qu'elles ont été décrites ci-dessus, et les agents de fonctionnalisation tels

20      20 qu'ils ont été décrits ci-dessus.

Conformément à un mode de réalisation préféré de ce procédé, on conduit la fonctionnalisation en traitant une suspension desdites particules en milieu solvant par ledit agent de fonctionnalisation à une température de -150°C à

25      25 +150°C pendant un laps de temps de 1 minute à 12 heures, puis en récupérant les particules greffées après lavage. Le solvant est notamment choisi parmi les hydrocarbures aliphatiques, alicycliques et aromatiques, et des conditions davantage préférées de température et de durée sont de 30 à

30      30 100°C et de 1 à 3 heures. On utilise notamment 0,5 à 20 mmoles d'agent de fonctionnalisation par g de particules.

Après la fonctionnalisation, on peut éventuellement conduire un traitement thermique sous gaz inerte (tel que l'argon ou l'azote), de préférence en lit

35      35 fluidisé par ledit gaz inerte, ledit traitement étant destiné à éliminer les groupes alcoxy présents en surface, lesquels pourraient provenir de l'agent de

fonctionnalisation portant des radicaux alcoxy R<sup>3</sup> et/ou R<sup>4</sup>. Ce traitement thermique, ou pyrolyse, est avantageusement conduit à environ 200 - 600°C pendant environ 1 - 10 heures. S'il n'était pas réalisé, les groupes alcoxy pourraient être 5 à l'origine de formation d'eau par réaction avec l'oxygène lors d'un traitement d'oxydation qui peut être prévu avant la fluoruration finale. On cherche en effet à éliminer toute trace d'eau, car l'eau est susceptible d'altérer ou d'empoisonner le solide.

10 Le traitement d'oxydation qui vient d'être indiqué peut avantageusement consister en un traitement thermique des particules de support fonctionnalisées, en lit fluidisé par l'oxygène, par exemple à 200 - 600°C, pendant 1 - 10 heures. Ce traitement permet d'accroître l'acidité de 15 surface du support, et, en conséquence, les performances du système catalytique.

Les radicaux R<sup>1</sup>, R<sup>2</sup>, R<sup>3</sup>, R<sup>4</sup> et R<sup>5</sup> sont au moins partiellement remplacés par F lors de l'étape finale de fluoruration. La fluoruration peut se faire par mise en contact 20 avec de l'acide fluorhydrique gazeux des particules de support fonctionnalisées le cas échéant après traitement thermique sous gaz inerte et/ou après oxydation, cette mise en contact étant effectuée pendant un laps de temps d'1 minute à 24 heures, à une température de 20 à 800 °C ; 25 cependant, l'acide fluorhydrique peut être avantageusement remplacé par (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub>, auquel cas on mélange avec (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub> pulvérulent les particules de support fonctionnalisées, le cas échéant après traitement thermique sous gaz inerte et/ou après oxydation ; le traitement de 30 fluoruration proprement dit avec (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub> consiste notamment à fluidiser légèrement le mélange précité des particules de support et de (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub> avec un gaz inerte tel que l'argon ou l'azote et à conduire un traitement thermique à une température d'environ 300 à 500°C pendant environ 1 à 35 10 heures. De manière générale, pour la fluoruration, on utilise notamment de 1 à 5% en poids, en particulier 3 à 5% en poids, de fluor par rapport auxdites particules de

support (au-delà de la valeur de 5% en poids, il y a dégradation du support).

La présente invention porte également sur un système catalytique pour la polymérisation des oléfines, 5 comprenant :

- (a) un catalyseur métallocène, lequel a, le cas échéant, été soumis à une préalkylation ;
- (b) un cocatalyseur ; et
- (c) un support solide activateur du métallocène, tel que 10 défini ci-dessus ou préparé par le procédé tel que défini ci-dessus,

le cocatalyseur (b) pouvant être absent si le catalyseur métallocène (a) a été préalablement alkylé, le support (c) pouvant avoir été imprégné par le catalyseur métallocène 15 (a), lequel a, le cas échéant, été soumis à un traitement de préalkylation conduit soit avant, soit après la préimprégnation dudit support.

Le catalyseur métallocène (a) consiste de façon générale en un composé de formule (V) :

20

 $ML_x$  (V)

dans laquelle :

- M représente un métal de transition appartenant au groupe 4b de la Classification Périodique selon le Handbook of Chemistry and Physics, 61th edition ;
- 25 - L représente un ligand coordonné au métal de transition, au moins un ligand L étant un groupement au squelette de type cycloalcadiényle ;
- x est égal à la valence du métal de transition, les ligands L, dont le nombre est égal à la valence du 30 métal de transition M, étant identiques ou différents.

M est en particulier Ti, Zr ou Hf.

Par "groupement au squelette de type cycloalcadiényle", on entend le groupe cycloalcadiényle lui-même ou un groupement cycloalcadiényle substitué.

De préférence, un groupement cycloalcadiényle est un groupement cyclopentadiényle.

o Lorsque le composé de formule  $ML_x$  contient au moins deux groupements au squelette de type cycloalcadiényle, au moins deux de ces groupements peuvent être liés entre eux par un radical bivalent. Chaque radical bivalent peut être un radical alkylène, comme le radical méthylène ( $-CH_2-$ ), le radical éthylène ( $-CH_2CH_2-$ ) ou triméthylène ( $-CH_2CH_2CH_2-$ ), ce radical alkylène pouvant également être substitué, par exemple par au moins un groupement hydrocarboné, comme le radical isopropylidène ; le radical bivalent peut également être un groupement silylène ( $-SiH_2$ ), éventuellement substitué, par exemple par au moins un groupement hydrocarboné, comme c'est le cas pour les radicaux dialkylsilylène (diméthylsilylène), diarylsilylène (diphénylsilylène) ou alkylarylsilylène (méthylphénylsilylène).

o Lorsqu'un groupement cycloalcadiényle est substitué, les substituants sont notamment choisis parmi les groupes alkyle en  $C_1-C_{20}$ , alcényle en  $C_2-C_{20}$ , aryle et aralkyle. Deux substituants se trouvant dans des positions adjacentes sur un même noyau cycloalcadiényle peuvent être reliés entre eux, formant un cycle aromatique ou non, condensé sur ledit noyau cycloalcadiényle. Dans le cas où ce dernier est un noyau cyclopentadiényle, le cycle condensé résultant peut être un cycle indényle, tétrahydroindényle, fluorényle, octahydrofluorényle.

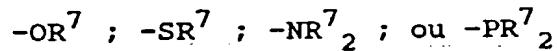
Par ailleurs, au moins un ligand L peut être choisi parmi :

30 - les groupements de formule :

$-O-$  ;  $-S-$  ;  $-NR^6-$  ; ou  $-PR^6$

(avec R<sup>6</sup> représentant l'hydrogène ou un groupement choisi parmi les groupements silyle, alkyle ou aryle, ces deux derniers étant éventuellement halogénés) dont une des valences libres est liée à l'atome de métal de transition M, et l'autre valence libre est liée à un radical bivalent, lui-même lié à un ligand L au squelette cycloalcadiényle ; et

- les groupements de formule :



(R<sup>7</sup> ayant la même signification que R<sup>6</sup> ci-dessus) dont la valence libre est liée à un radical bivalent, lui-même lié à un ligand L au squelette cycloalcadiényle ; des exemples des radicaux bivalents ayant été indiqués ci-dessus, dans la description des agents pontants de deux ligands cycloalcadiényle.

Des ligands L différents de ceux précédemment cités peuvent être choisis parmi :

- les groupements hydrocarbonés comportant de 1 à 20 atomes de carbone, tels que des groupes alkyle linéaires ou ramifiés (comme méthyle, éthyle, propyle, isopropyle, butyle) ; des groupes cycloalkyle (comme cyclopentyle, cyclohexyle) ; des groupes aryle (comme phényle) ; des groupes alkaryle (comme tolyle) ; et des groupes aralkyle (comme benzyle) ;
- les groupements alcoxy, tels que méthoxy, éthoxy, butoxy et phénoxy ;
- les halogènes, tels que le fluor, le chlore, le brome et l'iode.

A titre d'exemples, le catalyseur métallocène peut être choisi parmi les composés suivants :

- o le bis(cyclopentadiényl)dichlorozirconium ( $Cp_2ZrCl_2$ ) ;
- o le bis(indényl)dichlorozirconium ( $Ind_2ZrCl_2$ ) ;

- le bis(n-butylcyclopentadiényl)dichloro zirconium  $[(nBuCp)_2ZrCl_2]$  ;
- l'éthylènebis (4,5,6,7-tétrahydro-1-indényl)dichlorozirconium  $[Et(THInd)_2ZrCl_2]$  ;
- 5 ◦ l'éthylènebis (indényl)dichlorozirconium  $[Et(Ind)_2ZrCl_2]$  ;
- l'isopropylidène(cyclopentadiényl, fluorényl)dichlorozirconium  $[iPr(Cp)(Flu)ZrCl_2]$  ;
- l'isopropylidène bis(tert.-butylcyclopentadiényl)-dichlorozirconium  $[iPr(tBuCp)_2ZrCl_2]$  ;
- 10 ◦ le diméthylsilyl(3-tert-butyl-cyclopentadiényl, fluorényl)dichlorozirconium ;
- le diméthylsilylbisindényl dichlorozirconium  $[Me_2Si(Ind)_2ZrCl_2]$  ;
- 15 ◦ le bis(cyclopentadiényl)diméthylzirconium ;
- le bis(indényl)diméthylzirconium  $(Ind_2ZrMe_2)$  ;
- l'éthylènebis(4,5,6,7-tétrahydro-1-indényl)diméthylzirconium ;
- l'éthylènebis(indényl)diméthylzirconium ;
- 20 ◦ l'isopropylidène(cyclopentadiényl, fluorényl)diméthylzirconium ;
- le diméthylsilyl(3-tert.-butyl-cyclopentadiényl, fluorényl)diméthylzirconium ;
- le bis(cyclopentadiényl)diphénylzirconium ;
- 25 ◦ le bis(cyclopentadiényl)dibenzylzirconium ;
- le diméthylsilyl(tétraméthylcyclopentadiényl, tert.-butyl-amino)dichlorozirconium, ce dernier composé ayant la formule  $(CH_3)_2Si((CH_3)_4C_5, (CH_3)_3CN)ZrCl_2$  ;
- le diméthylsilyl(tétraméthylcyclopentadiényl, tert.-butyl-amino)diméthyltitane, ce composé ayant pour formule  $(CH_3)_2Si((CH_3)_4C_5, (CH_3)_3CN)Ti(CH_3)_2$  ;
- 30 ◦ le bis(cyclopentadiényl)dichlorotitanate ;
- l'éthylènebis(4,5,6,7-tétrahydro-1-indényl)dichlorotitanate ;
- l'éthylènebis(indényl)dichlorotitanate ;
- 35 ◦ l'isopropylidène(cyclopentadiényl, fluorényl)dichlorotitanate ;

- o le diméthylsilyl(3-tert.-butyl-cyclopentadiényl, fluorényl)dichlorotitanate ;
- o le bis(cyclopentadiényl)diméthyltitane ;
- o l'éthylènebis(4,5,6,7-tétrahydro-1-indényl)diméthyltitane ;
- o l'isopropylidène(cyclopentadiényl, fluorényl)diméthyltitane ;
- o le diméthylsilyl(3-tert.-butyl-cyclopentadiényl, fluorényl)diméthyltitane ;
- o le diméthylsilyl(tétraméthylcyclopentadiényl, tert-butyl-amino)dichlorotitanate, ce dernier composé ayant pour formule  $(CH_3)_2Si((CH_3)_4C_5, (CH_3)_3CN)TiCl_2$ .

Quant aux cocatalyseurs (b), ils sont notamment choisi parmi :

(b1) les alkylaluminiums de formule (Ia)



dans laquelle les  $R^8$ , identiques ou différents, représentent alkyle, substitué ou non, comportant de 1 à 12 atomes de carbone tel qu'éthyle, isobutyle, n-hexyle et n-octyle ; alcoxy ; aryle ; halogène ; hydrogène ou oxygène ; au moins un  $R^8$  représentant alkyle ;

(b2) les sesquihalogénures d'aluminium ;

(b3) les composés de formule (IIIA) consistant en les composés de formule (III) tels que définis ci-dessus, dans laquelle  $Y = Al$  ;

(b4) les composés de formule (IV) tels que définis ci-dessus.

A titre d'exemples de cocatalyseur (b), on peut citer le méthylaluminoxane, le triisobutylaluminium et le triéthylaluminium.

Comme cela a été évoqué ci-dessus, le catalyseur métallocène peut être préimprégné sur le support activateur.

Cette préimprégnation peut être conduite comme suit :

On place le support activateur en suspension dans un solvant choisi parmi les hydrocarbures aliphatiques, alicycliques ou aromatiques, avec le métallocène. L'opération est réalisée entre 0 et 140°C, pendant 1 h à 5 10 heures. La proportion de métallocène représente entre 0,01 et 20% en masse par rapport au support activateur. En fin d'opération, le milieu est décanté pour éliminer le surnageant. Le support est alors lavé plusieurs fois, entre 20 et 140°C, par une quantité de solvant comprise entre 50 10 et 300 ml par gramme de support.

Par ailleurs, comme déjà également évoqué ci-dessus, le métallocène (a) peut avoir été soumis à une préalkylation ; dans le cas où l'on prévoit une préimprégnation du support activateur par le métallocène 15 (a), cette préalkylation peut avoir lieu soit avant, soit après la préimprégnation.

La préalkylation peut être conduite avec un agent alkylant, tel qu'un alkyllithium ou un alkylmagnésium, le groupe alkyle, à chaîne droite ou ramifié, ayant de 1 à 20 20 atomes de carbone, dans les conditions suivantes :

Le métallocène ou le solide imprégné sont placés dans un tube de Schlenk contenant 10 à 50 ml d'un solvant choisi parmi les hydrocarbures aliphatiques, alicycliques ou aromatiques, par gramme de support ou pour 10 milligrammes 25 de métallocène. La température du milieu est portée entre -100 et 0°C. On introduit alors entre 1 et 5 moles d'agent alkylant par mole de métallocène. Après l'introduction, on laisse le milieu réactionnel revenir lentement à température ambiante. L'opération complète dure entre 1 et 10 heures.

30 Dans le système catalytique selon l'invention, le rapport molaire Al du cocatalyseur (b1) ou (b2) au métal de transition du métallocène est notamment de 1 à 10 000, en particulier de 1 à 2 000 ; et le rapport molaire Al du cocatalyseur (b3) ou (b4) au métal de transition du 35 métallocène (a) est notamment de 1 à 10 000, en particulier de 10 à 200. Par ailleurs, le solide activateur est utilisé

notamment à raison de 0,01 à 2 000 mg, en particulier de 0,01 à 200 mg, par  $\mu$ mole de catalyseur métallocène.

La présente invention porte également sur un procédé d'homopolymérisation ou de copolymérisation des 5 oléfines, en suspension ou en phase gazeuse, en présence d'un système catalytique tel que défini ci-dessus.

Les oléfines pouvant être utilisées pour la polymérisation (homo- et copolymérisation) sont, par exemple, les oléfines comportant de deux à vingt atomes de 10 carbone et, en particulier, les alpha-oléfines de ce groupe.

Comme oléfine, on peut citer l'éthylène, le propylène, le 1-butène, le 4-méthyl-1-pentène, le 1-octène, le 1-hexène, le 3-méthyl-1-pentène, le 3-méthyl-1-butène, le 1-décène, le 1-tétradécène, ou leurs mélanges. En particulier, l'oléfine 15 est l'éthylène.

Dans le cas où le procédé de polymérisation est conduit en suspension, on peut procéder de la façon suivantes : dans un réacteur, on introduit une suspension du système catalytique en milieu inert, tel qu'un hydrocarbure 20 aliphatique, la concentration du métallocène (a) étant de 0,5  $\mu$ mole/l à 10  $\mu$ moles/l, celle du cocatalyseur (b) étant de 0,01 à 5 mmoles/l, la quantité de solide activateur étant de 0,5 à 1000 mg/l, puis on introduit la ou les oléfines sous une pression de 1 à 250 bars, la (co)polymérisation 25 étant conduite à une température de -20°C à 250°C, pendant un laps de temps de 5 minutes à 10 heures.

Comme hydrocarbure aliphatique, on peut utiliser le n-heptane, le n-hexane, l'isohexane, l'isopentane ou l'isobutane.

30 Les conditions préférées sont les suivantes :

- pression de 0,5 à 60 bars ;
- température de 10°C à une température légèrement inférieure à la température de fusion du polymère (5°C en dessous de cette température de fusion).

35 Dans le cas où la polymérisation est conduite en phase gazeuse, on procède comme suit : on injecte la ou les oléfines sous une pression de 1-60 bars, à une température

de 10 à 110°C, dans un réacteur comportant un lit agité et/ou à lit fluidisé du système catalytique. Dans ce cas, le catalyseur métallocène a été imprégné sur le support activateur et le cocatalyseur est introduit par injection

5 dans le réacteur ou par imprégnation sur une charge solide injectée dans le réacteur.

Les procédés de polymérisation précités peuvent faire intervenir un agent de transfert de chaîne, de manière à contrôler l'indice de fluidité du polymère à

10 produire. Comme agent de transfert de chaîne, on peut utiliser l'hydrogène, que l'on introduit en quantité pouvant aller jusqu'à 90% et se situant de préférence entre 0,01 et 60% en moles de l'ensemble oléfine et hydrogène amené au réacteur.

15 Pour le cas où l'on souhaite un excellent contrôle morphologique des particules de polymère, il est recommandé de réaliser une prépolymérisation en suspension ou, de préférence, en phase gazeuse, sur le système catalytique de l'invention, puis d'introduire les particules de prépolymère 20 ainsi obtenues dans le procédé de (co)polymérisation proprement dit en suspension ou en phase gazeuse. La prépolymérisation est effectuée jusqu'à un degré adapté au procédé de polymérisation dans lequel le prépolymère sera ultérieurement mis en oeuvre.

25 Les Exemples suivants illustrent la présente invention sans toutefois en limiter la portée. Dans ces exemples, les abréviations suivantes ont été utilisées pour les (co)polymères préparés :

<u>Mw</u>	=	masse moléculaire moyenne en poids
<u>Mn</u>	=	masse moléculaire moyenne en nombre, ces masses étant déterminées par SEC
Mw/Mn	=	polymolécularité
% mm	=	pourcentage de diades méso, déterminé par RMN.

Les solides activateurs des catalyseurs métallocènes préparés ont été notés d'après les étapes de préparation :  $\text{SiO}_2$ /agent de fonctionnalisation/ $\text{O}_2$  (oxygénéation)/F (fluoration).

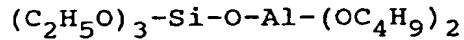
5 Les activités et productivités sont considérées comme nulles lorsqu'elles sont inférieures respectivement à  $10^2$  g/mol.h ou g/mol.

Tous les récipients et réacteurs utilisés ont été purgés par de l'argon et, sauf précision, les synthèses ont 10 été réalisées sous atmosphère d'argon.

S'agissant des (co)polymérisations, en l'absence d'une autre indication, les concentrations sont rapportées à la quantité de solvant utilisé pour la (co)polymérisation.

Agents de fonctionnalisation des groupes silanol de la silice utilisés :

Di(sec.-butoxy)aluminoxytriéthoxysilane



$\text{MgBu}_2$  = n-butyl sec.-butyl magnésium

TEA = triéthylaluminium

20 Catalyseurs métallocènes utilisés :

$\text{Cp}_2\text{ZrCl}_2$ ,  $\text{Ind}_2\text{ZrCl}_2$ ,  $\text{Ind}_2\text{ZrMe}_2$ ,  $\text{Me}_2\text{Si}(\text{Ind})_2\text{ZrCl}_2$ ,

$\text{Et}(\text{Ind})_2\text{ZrCl}_2$  : définis ci-dessus.

Cocatalyseurs utilisés :

MAO = méthylaluminoxane

25 TiBA = triisobutylaluminium

TEA = triéthylaluminium

Dans l'expression de l'activité (il s'agit de l'activité maximum, sauf mention contraire) en g de (co)polymère/g<sub>cata</sub>.h et de la productivité en g de 30 (co)polymère/g<sub>cata</sub>, g<sub>cata</sub> signifie masse de solide activateur + masse de métallocène.

I - POLYMÉRISATION DE L'ÉTHYLÈNE

Pression : 4 bars

Température : 80°C  
 Milieu de suspension : 300 cm<sup>3</sup> d'heptane

Exemple 1 :

5 (a) Préparation du solide activateur  
SiO<sub>2</sub>/Dibutoxyaluminoxytriéthoxysilane/O<sub>2</sub>/F

De la silice ayant une surface spécifique de 300 m<sup>2</sup>/g, commercialisée sous la dénomination "GRACE 332" par la Société Grace est traitée sous vide dynamique selon le programme de température suivant :

10 - de 20°C à 100°C en 30 minutes ;  
 - de 100°C à 130°C en 30 minutes ;  
 - de 130°C à 450°C en 1 heure 30 ;  
 - palier à 450°C pendant 2 heures.

15 Ce traitement fournit une silice qui contient 1 mmole d'OH/g. 1 gramme de la silice traitée thermiquement est mis en suspension dans 20 cm<sup>3</sup> d'heptane. Cette suspension est traitée par 846 mg de dibutoxyaluminoxytriéthoxysilane (352,5 g/mole) à 50°C pendant 1 heure. En fin de réaction, on ajoute 100 cm<sup>3</sup> d'heptane. Après 10 minutes d'agitation, la suspension est décantée pour prélever le surnageant. L'opération de lavage est répétée 3 fois. Après le dernier lavage, la souche est séchée 1 heure à 100°C sous vide dynamique. Cette souche est ensuite traitée en lit fluidisé par l'argon suivant le 20 programme de température :

- de 20°C à 130°C en 1 heure ;  
 - de 130°C à 450°C en 1 heure ;  
 - palier à 450°C pendant 1 heure ;  
 - de 450°C à 20°C en 2 heures.

25 Cette étape est suivie par un traitement thermique identique au précédent mais en fluidisant la souche avec de l'oxygène.

30 On ajoute ensuite 62 mg de (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub> (178 g/mole). Ce mélange, légèrement fluidisé par un courant d'argon, subit le traitement thermique suivant :  
 35 - de 20°C à 130°C en 1 heure ;

- de 130°C à 450°C en 1 heure ;
- palier à 450°C pendant 1 heure ;
- de 450°C à 20°C en 2 heures.

On obtient ainsi le solide ①.

### 5 (b) Polymérisation de l'éthylène

Dans un ballon de 1 litre, on place 300 cm<sup>3</sup> d'heptane, 0,1 cm<sup>3</sup> d'une solution de MAO (1,53 mole/l en aluminium dans le toluène), 17 mg du composé solide ①, 0,9 µmole de Cp<sub>2</sub>ZrCl<sub>2</sub>. Cette suspension est injectée dans 10 un réacteur de 500 cm<sup>3</sup>. La température de polymérisation est de 80°C, et la pression d'éthylène est maintenue à 4 bars durant 60 minutes. On récupère 6,6 g de polyéthylène de :

- $\overline{M_w} = 227\ 000$
- 15 -  $\overline{M_n} = 43\ 330$
- $\overline{M_w}/\overline{M_n} = 5,2$

### Exemple 2 :

#### (a) Préparation du solide activateur SiO<sub>2</sub>/MgBu<sub>2</sub>/F

La silice utilisée dans cet exemple est identique 20 à celle de l'Exemple 1 et a subi le même traitement thermique. 4,6 g de cette silice sont mis en suspension dans 20 cm<sup>3</sup> d'heptane. Cette suspension est traitée par 13,5 cm<sup>3</sup> d'une solution de MgBu<sub>2</sub> dans l'hexane (1 mole/l) à 50°C pendant 1 heure. En fin de réaction, on ajoute 100 cm<sup>3</sup> 25 d'heptane. Après 10 minutes d'agitation, la suspension est décantée pour prélever le surnageant. L'opération de lavage a été répétée 3 fois. Après le dernier lavage, la souche 30 est séchée 1 heure à 100°C sous vide dynamique.

On ajoute ensuite 238 mg de (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub>. Ce 35 mélange, légèrement fluidisé par un courant d'argon, subit le traitement thermique défini à la fin du point (a) de l'Exemple 1.

On obtient ainsi le solide ②.

(b) Polymérisation de l'éthylène

On conduit cette polymérisation comme à l'Exemple 1(b), excepté que l'on utilise 16 mg du composé solide ②.

5 Les résultats sont rapportés dans le Tableau 1.

Exemple 3 :(a) Préparation du solide activateur SiO<sub>2</sub>/TEA/F

La silice utilisée dans cet exemple est identique à celle de l'Exemple 1 et a subi le même traitement thermique. 1 g de cette silice est mis en suspension dans 10 20 cm<sup>3</sup> d'heptane. Cette suspension est traitée par 0,8 cm<sup>3</sup> de TEA (1,5 mole/l dans l'heptane) à 50°C pendant 1 heure. En fin de réaction, on ajoute 100 cm<sup>3</sup> d'heptane. Après 15 10 minutes d'agitation, la suspension est décantée pour prélever le surnageant. L'opération de lavage est répétée 3 fois. Après le dernier lavage, la souche est séchée 1 heure à 100°C sous vide dynamique.

On ajoute ensuite 62 mg de (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub> (178 g/mole). Ce mélange, légèrement fluidisé par un 20 courant d'azote, subit le traitement thermique défini à la fin du point (a) de l'Exemple 1.

On obtient ainsi le solide ③.

(b) Polymérisation de l'éthylène

On conduit cette polymérisation comme à l'Exemple 1(b), excepté que l'on utilise 14 mg du composé solide ③.

Les résultats sont également rapportés dans le Tableau 1.

Exemple 4 (comparatif) : Polymérisation de l'éthylène en  
l'absence de solide activateur de  
catalyseur métallocène

On conduit cette polymérisation comme à  
5 l'Exemple 1, excepté que l'on n'utilise pas de composé  
solide. Le polyéthylène obtenu a les caractéristiques  
suivantes :

- $\overline{M_w} = 214\ 600$
- $\overline{M_n} = 30\ 940$
- 10 -  $\overline{M_w}/\overline{M_n} = 6,9$

Les résultats sont également rapportés dans le  
Tableau 1.

Tableau 1Polymérisation de l'éthylèneCatalyseur métallocène : Cp<sub>2</sub>ZrCl<sub>2</sub> à raison de 3 µmoles/l

Cocatalyseur = MAO à raison de 0,5 mmole/l

Exemple	Solide activateur du catalyseur (mg)	Activité (gPE/molZr.h)	Productivité (gPE/molZr)	Activité (gPE/gcata.h)	Productivité (gPE/gcata)	Activation*
1	Solide ① (17)	7,31 x 10 <sup>6</sup>	4,30 x 10 <sup>6</sup>	433,5	255	5,0
2	Solide ② (16)	2,19 x 10 <sup>6</sup>	1,36 x 10 <sup>6</sup>	147	91	1,5
3	Solide ③ (14)	2,04 x 10 <sup>6</sup>	1,61 x 10 <sup>6</sup>	137	108	1,4
4 (comparatif)	—	1,46 x 10 <sup>6</sup>	0,89 x 10 <sup>6</sup>	—	—	—

\* Activation = rapport entre activité avec solide et activité sans solide (en prenant en compte les activités rapportées à la quantité de zirconium)

Exemple 5 :

On conduit une polymérisation de l'éthylène dans les conditions de l'Exemple 1(b), excepté qu'on remplace le MAO par  $0,4 \text{ cm}^3$  de TiBA (1,4 mole/l dans l'heptane, soit 5 2 mmoles/l) et que le solide ① a été utilisé à raison de 15 mg au lieu de 17 mg.

Les résultats sont les suivants :

- Activité (gPE/mole Zr.h) :  $0,90 \times 10^6$
- Productivité (gPE/mole Zr) :  $0,70 \times 10^6$

10 Exemple 6 (Comparatif) :

On conduit une polymérisation de l'éthylène comme à l'Exemple 5, excepté que l'on n'utilise pas de composé solide activateur du catalyseur.

L'activité et la productivité sont nulles.

15 Exemple 7 :

On procède comme à l'Exemple 5, excepté que l'on remplace le TiBA par  $1,0 \text{ cm}^3$  de TEA (1,5 mole/l dans l'heptane, soit 5 mmoles/l).

Les résultats sont les suivants :

- 20 ◦ Activité (gPE/mole Zr.h) :  $0,49 \times 10^6$
- Productivité (gPE/mole Zr) :  $0,36 \times 10^6$

Exemple 8 (Comparatif) :

On conduit une polymérisation de l'éthylène comme à l'Exemple 7, excepté que l'on n'utilise pas de composé solide activateur du catalyseur.

Les résultats sont les suivants :

- Activité (gPE/mole Zr.h) : 1100
- Productivité (gPE/mole Zr) : 880

Exemple 9 :

On conduit une homopolymérisation de l'éthylène comme à l'Exemple 5, excepté que l'on remplace les 0,9 µmole de  $Cp_2ZrCl_2$  par 0,9 µmole de  $Ind_2ZrCl_2$ .

5 Les résultats sont rapportés dans le Tableau 2.

Exemple 10 :

On conduit une homopolymérisation de l'éthylène comme à l'Exemple 9, excepté que l'on utilise 0,1 mmole/l de TiBA comme cocatalyseur.

10 Les résultats sont rapportés dans le Tableau 2.

Exemple 11 (Comparatif) :

On conduit une homopolymérisation de l'éthylène comme à l'Exemple 9, excepté que l'on n'utilise pas de composé solide activateur du catalyseur.

15 Les résultats sont rapportés dans le Tableau 2.

Tableau 2  
Polymérisation de l'éthylène

Catalyseur métallocène : Ind<sub>2</sub>ZrCl<sub>2</sub> à raison de 3 µmoles/l  
 Solide activateur du catalyseur (excepté pour l'Exemple 11) = solide Ø à raison de 10 mg

Exemple	Cocatalyseur (mmol/l)	Activité (gPE/molZr.h)	Productivité (gPE/molZr)
9	TIBA (2)	1,06 x 10 <sup>6</sup>	6,67 x 10 <sup>5</sup>
10	TIBA (0,1)	6,72 x 10 <sup>6</sup>	4,08 x 10 <sup>5</sup>
11 (comparatif)	TIBA (2)	1,89 x 10 <sup>5</sup>	1,57 x 10 <sup>5</sup>

Exemple 12 :

On conduit une homopolymérisation de l'éthylène comme à l'Exemple 5, excepté que l'on remplace les 0,9 µmole de  $Cp_2ZrCl_2$  par 0,9 µmole de  $Ind_2ZrMe_2$ .

5 Les résultats sont rapportés dans le Tableau 3.

Exemples 13 et 14 :

On conduit une homopolymérisation de l'éthylène comme à l'Exemple 12, excepté que l'on utilise respectivement 0,5 et 0,1 mmole/l de TiBA comme 10 cocatalyseur.

Les résultats sont rapportés dans le Tableau 3.

Exemple 15 (Comparatif) :

On conduit une homopolymérisation de l'éthylène comme à l'exemple 12, excepté que l'on n'utilise pas de 15 composé solide activateur du catalyseur.

Les résultats sont rapportés dans le Tableau 3.

Tableau 3  
Polymérisation de l'éthylène

Catalyseur métallocène : Ind<sub>2</sub>ZrMe<sub>2</sub> à raison de 3 µmoles/l  
 Solide activateur du catalyseur (excepté pour l'Exemple 15) = solide ① à raison de 7,5 mg

Exemple	Cocatalyseur (mmole/l)	Activité (gPE/molZr.h)	Productivité (gPE/molZr)
12	TIBA (2)	2,37 x 10 <sup>6</sup>	1,38 x 10 <sup>6</sup>
13	TIBA (0,5)	2,46 x 10 <sup>6</sup>	1,40 x 10 <sup>6</sup>
14	TIBA (0,1)	1,32 x 10 <sup>7</sup>	7,37 x 10 <sup>6</sup>
15 (comparatif)	TIBA (2)	0	0

Exemple 16 :

On conduit une homopolymérisation de l'éthylène comme à l'Exemple 5, excepté que l'on remplace les 0,9 µmole de  $\text{Cp}_2\text{ZrCl}_2$  par 0,9 µmole de  $\text{Me}_2\text{Si(Ind)}_2\text{ZrCl}_2$  et que l'on utilise le cocatalyseur TiBA à raison de 5 mmoles/l.

Les résultats sont les suivants :

- o Activité (gPE/mol Zr.h) :  $2,02 \times 10^6$
- o Productivité (gPE/mol Zr) :  $1,88 \times 10^6$

Exemple 17 (Comparatif) :

On conduit une homopolymérisation de l'éthylène comme à l'Exemple 16, excepté que l'on n'utilise pas ce composé solide activateur de catalyseur.

L'activité et la productivité sont nulles.

Exemple 18 :15 (a) Préparation du solide activateur : solide ①

On procède comme à l'Exemple 1(a).

(b) Préimprégnation du solide par  $\text{Cp}_2\text{ZrCl}_2$ 

417 mg de solide ① sont ensuite mis en suspension dans 50 cm<sup>3</sup> de toluène avec 70 mg de  $\text{Cp}_2\text{ZrCl}_2$  à 70°C pendant 20 15 heures. En fin d'opération, le milieu est décanté pour éliminer le surnageant. On pratique 4 lavages au toluène à 70°C pendant 15 minutes. Chaque lavage est entrecoupé d'une décantation suivie de l'élimination du surnageant. Finalement, on pratique un séchage à 40°C pendant 25 40 minutes.

On obtient le solide ①'.

(c) Polymérisation de l'éthylène

Dans un ballon de 1 litre, on place 300 cm<sup>3</sup> d'heptane, 0,10 cm<sup>3</sup> de MAO (1,53 mole/l en aluminium dans le 30 toluène), 10 mg de solide préimprégné ①'. Cette

suspension est injectée dans un réacteur de 500 cm<sup>3</sup>. La température de polymérisation est de 80°C et la pression d'éthylène, de 4 bars. En 60 minutes, on récupère 2,2 g de polyéthylène.

5 Les résultats obtenus sont rapportés dans le Tableau 4.

Exemples 19 et 20 :

On a procédé comme à l'Exemple 18, excepté que l'on a utilisé les solides activateurs respectivement ② et 10 ③ pour obtenir les solides respectivement ②' et ③'.

A l'Exemple 19, on a utilisé 1,19 g de solide activateur ② et 55 mg de Cp<sub>2</sub>ZrCl<sub>2</sub>.

A l'Exemple 20, on a utilisé 877 mg de solide activateur ③ et 80 mg de Cp<sub>2</sub>ZrCl<sub>2</sub>.

15 Les résultats sont rapportés dans le Tableau 4.

Tableau 4Polymerisation de l'éthylène

Catalyseur métallocène : Cp<sub>2</sub>ZrCl<sub>2</sub>  
 Cocatalyseur : MAO à raison de 0,5 mmole/l

Exemple	% de Zr du catalyseur métallocène imprégné sur le solide	Massé de catalyseur ou solide activateur imprégné (mg)	Activité (gPE/molZr.h)	Activité (gPE/gcata.h)
18	0,93	Solide ① (10)	4,71 x 10 <sup>6</sup>	480
19	1,05	Solide ② (10)	6,08 x 10 <sup>6</sup>	700
20	0,45	Solide ③ (9)	1,43 x 10 <sup>7</sup>	220

Exemple 21 :(a) Préparation du solide activateur

On procède comme pour le solide ② de l'Exemple 2(a).

5    (b) Préalkylation du métallocène

80 mg de  $Cp_2ZrCl_2$  sont solubilisés dans 20  $cm^3$  de toluène. La température de la solution est ensuite abaissée à -80°C. On ajoute alors goutte à goutte 0,35  $cm^3$  de méthyllithium (1,6 mole/l dans l'éther). A la fin de 10 l'addition, on laisse le milieu réactionnel revenir doucement à la température ambiante. Après décantation, on prélève le surnageant.

(c) Préimprégnation

Le solide ② de l'étape (a) et le surnageant de 15 l'étape (b) sont mélangés dans 30  $cm^3$  d'heptane. La suite de la préimprégnation est fidèle à celle de l'Exemple 18(b).

(d) Polymérisation de l'éthylène

On conduit la polymérisation de l'éthylène en procédant comme à l'Exemple 18(c).

20              Les résultats obtenus sont les suivants :

- % de Zr imprégné sur le solide : 1,60
- Cocatalyseur : MAO à raison de 0,5 mmole/l
- Activité ( $gPE/molZr.h$ ) :  $2,85 \times 10^6$
- Activité ( $gPE/g_{cata}.h$ ) : 500.

25    Exemple 22 :(a) Préparation du solide activateur

On procède comme pour le solide ② de l'Exemple 2(a).

(b) Préimprégnation du métallocène

On procède comme à l'Exemple 18(b).

(c) Préalkylation de métallocène

Le solide préimprégné est mis en suspension dans  
 5 20 cm<sup>3</sup> de toluène. La température de la suspension est  
 ensuite abaissée à -80°C. On ajoute alors goutte à goutte  
 0,14 cm<sup>3</sup> de méthyllithium (1,6 mole/l dans l'éther). A la  
 fin de l'addition, on laisse le milieu réactionnel revenir  
 doucement à température ambiante. Après décantation, on  
 10 élimine le surnageant. Le solide est séché à 40°C pendant  
 30 minutes.

(d) Polymérisation

On conduit la polymérisation de l'éthylène en  
 procédant comme à l'Exemple 18(c).

15 Les résultats sont les suivants :

- % de Zr imprégné sur le solide : 0,60
- Cocatalyseur : MAO à raison de 0,5 mmole/l
- Activité (gPE/molZr.h) : 3,64 × 10<sup>6</sup>
- Activité (gPE/g<sub>cata</sub>.h) : 240.

20 Exemple 23 :

On procède comme à l'Exemple 1, excepté que l'on utilise le cocatalyseur TiBA à la place du cocatalyseur MAO, toujours à raison de 0,5 mmole/l.

Les résultats sont indiqués dans le Tableau 6.

25 Exemples 24 à 29 (Comparatifs) :

On a répété l'Exemple 23, excepté qu'on a utilisé, comme solide activateur, la silice SiO<sub>2</sub> calcinée selon la technique de l'Exemple 1(a) ou une silice modifiée d'une manière différente de celle selon la présente invention :  
 30 par fluororation de SiO<sub>2</sub> ou de SiO<sub>2</sub>/dibutoxyaluminoxytriéthoxysilane par (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub> dans le

cas des Exemples respectivement 25 et 27 ; en s'arrêtant aux stades respectivement  $\text{SiO}_2$ /Dibutoxyaluminoxytriéthoxysilane et  $\text{SiO}_2$ /Dibutoxyaluminoxytriéthoxysilane/ $\text{O}_2$  dans le cas des Exemples respectivement 26 et 28 ; par chloration de 5  $\text{SiO}_2$ /Dibutoxyaluminoxytriéthoxysilane/ $\text{O}_2$  par  $\text{NH}_4\text{Cl}$  dans le cas de l'Exemple 29.

Les modes opératoires des Exemples 25, 27 et 29 peuvent être résumés comme suit :

#### Exemple 25

10 On utilise la silice de l'Exemple 1 ayant subi le traitement thermique initial (silice contenant 1 mmole d' $\text{OH}/\text{g}$ ).

A 2 g de cette silice, on ajoute 140 mg de  $(\text{NH}_4)_2\text{SiF}_6$  et on fait subir au mélange, légèrement fluidisé 15 par un courant d'argon, le traitement thermique indiqué à la fin de l'Exemple 1(a).

#### Exemple 27

On procède comme à l'Exemple 1(a) excepté que l'on ajoute 62 mg de  $(\text{NH}_4)_2\text{SiF}_6$  à la souche fonctionnalisée par 20 le dibutoxyaluminoxytriéthoxysilane, séchée 1 heure à 100°C sous vide dynamique, et on fait subir au mélange, légèrement fluidisé par un courant d'argon, le traitement thermique indiqué à la fin de l'Exemple 1(a). Le traitement thermique à l'oxygène de l'Exemple 1(a) n'est pas effectué ici.

#### Exemple 29

On procède comme à l'Exemple 1(a) excepté que l'on remplace  $(\text{NH}_4)_2\text{SiF}_6$  par  $\text{NH}_4\text{Cl}$ .

Les résultats sont également indiqués dans le Tableau 5.

Tableau 5Polymerisation de l'éthylèneCatalyseur métallocène : Cp<sub>2</sub>ZrCl<sub>2</sub> à raison de 3 µmoles/l

Cocatalyseur : TiBA à raison de 0,5 mmole/l

Quantité de solide activateur

Exemple	Solide activateur	Productivité (gPE/molZr)
23	SiO <sub>2</sub> /Dibutoxyaluminooxytriéthoxysilane/O <sub>2</sub> /F	6,20 x 10 <sup>5</sup>
24 (comp.)	SiO <sub>2</sub>	0
25 (comp.)	SiO <sub>2</sub> /F	0
26 (comp.)	SiO <sub>2</sub> /Dibutoxyaluminooxytriéthoxysilane	0
27 (comp.)	SiO <sub>2</sub> /Dibutoxyaluminooxytriéthoxysilane/F	9,76 x 10 <sup>4</sup>
28 (comp.)	SiO <sub>2</sub> /Dibutoxyaluminooxytriéthoxysilane/O <sub>2</sub>	0
29 (comp.)	SiO <sub>2</sub> /Dibutoxyaluminooxytriéthoxysilane/O <sub>2</sub> /Cl	0

II - POLYMERISATION DU PROPYLENE

Pression : 4 bars  
 Température : 40°C  
 Milieu de suspension : 500 cm<sup>3</sup> d'heptane

5 Exemple 30 :(a) Préparation du solide ①

On procède comme à l'Exemple 1(a)

(b) Polymérisation du propylène

Dans un ballon de 1 litre, on place 500 cm<sup>3</sup>  
 10 d'heptane, 0,16 cm<sup>3</sup> de MAO (1,53 mole/l en aluminium dans le  
 toluène), 17 mg du composé solide obtenu en (a), 1,5 μmole  
 de EtInd<sub>2</sub>ZrCl<sub>2</sub> ( $5,56 \times 10^{-4}$  mole/l dans le toluène). Cette  
 suspension est injectée dans le réacteur de 1 l. La  
 température de polymérisation est de 40°C et la pression de  
 15 propylène, de 4 bars. En 75 minutes, on récupère 24 g de  
 polypropylène avec un point de fusion de 137,6°C, % mm 89,6.

Les résultats sont indiqués dans le Tableau 6.

Exemple 31 (Comparatif) :

On procède comme à l'Exemple 30, excepté que l'on  
 20 n'utilise pas de solide activateur de catalyseur.

Les résultats sont également indiqués dans le  
 Tableau 6.

Exemple 32 :

On procède comme à l'Exemple 30, excepté que l'on  
 25 remplace les 1,5 μmole de Et(Ind)<sub>2</sub>ZrCl<sub>2</sub> par 1,5 μmole de  
 Me<sub>2</sub>Si(Ind)<sub>2</sub>ZrCl<sub>2</sub>.

Les résultats sont également indiqués dans le  
 Tableau 6.

Exemple 33 (comparatif) :

On procède comme à l'Exemple 32, excepté que l'on n'utilise pas de solide activateur de catalyseur.

Les résultats sont également indiqués dans le  
5 Tableau 6.

Tableau 6  
**Catalyseur métallocène utilisé à raison de 3 µmoles/l**  
**Cocatalyseur : MAO à raison de 0,5 mmole/l**

Exemple	Catalyseur métallocène	Solide activateur du catalyseur (mg)	Activité (gPP/mol Zr.h)	Productivité (gPP/mol Zr)	Activité (gPP/gata.h)	Productivité (gPP/gata.)
30	Et(Ind) <sub>2</sub> ZrCl <sub>2</sub>	Solide ① (16)	1,67 x 10 <sup>7</sup>	1,17 x 10 <sup>7</sup>	1582	1108
31 (comp.)	"	—	1,04 x 10 <sup>7</sup>	0,81 x 10 <sup>7</sup>	—	—
32	Me <sub>2</sub> (Ind) <sub>2</sub> ZrCl <sub>2</sub>	Solide ① (16)	0,89 x 10 <sup>7</sup>	0,37 x 10 <sup>7</sup>	974	405
33 (comp.)	"	—	0,44 x 10 <sup>7</sup>	0,34 x 10 <sup>7</sup>	—	—

Exemple	$\overline{M}_w$	Mn	$\overline{M}_w/\overline{M}_n$	Tfusion (°C)	g/mm
30	37890	16970	2,23	137,6	89,6
31 (comp.)	38150	19270	1,98	135,8	89,8
32	62830	27930	2,25	145,0	92,8
33 (comp.)	61740	26670	2,31	144,3	90,9

### III - COPOLYMÉRISATION ÉTHYLÈNE - HEXÈNE

#### Exemple 34 :

Dans un ballon de 1 litre, on introduit successivement 300 cm<sup>3</sup> d'heptane, 5 cm<sup>3</sup> d'hexène-1, 0,15 cm<sup>3</sup> de TiBA (1 mole/l dans l'heptane), 18 mg de Solide ① et 1 × 10<sup>-7</sup> mole de Et(Ind)<sub>2</sub>ZrCl<sub>2</sub>. Cette suspension est introduite dans un réacteur de 500 cm<sup>3</sup> conditionné sous atmosphère inerte. A la fin de cette introduction, l'éthylène est introduit progressivement avec la montée en température pour atteindre 4 bars à 80°C.

Après 30 minutes de polymérisation, on récupère 17,1 g de copolymère à 6,9% massique d'hexène (analyse infrarouge), avec un point de fusion de 113°C.

Les résultats sont indiqués dans le Tableau 7.

#### 15 Exemple 35 (Comparatif) :

On procède comme à l'Exemple 34, excepté que l'on n'utilise pas de solide activateur, et que le catalyseur métallocène est utilisé à raison de 3 μmoles/l et que le TiBA est utilisé à raison de 1 mmole/l.

20 On ne récupère pas de polymère (cf Tableau 7).

#### Exemple 36 :

Dans un ballon de 1 litre, on ajoute successivement 300 cm<sup>3</sup> d'heptane, 5 cm<sup>3</sup> d'hexène-1, 0,13 cm<sup>3</sup> de TiBA (1 mole/l dans l'heptane).

25 Dans un ballon de 50 cm<sup>3</sup>, on introduit 22 mg de Solide ①, 0,2 cm<sup>3</sup> de TiBA et, après 5 minutes d'agitation, on introduit 1,5 × 10<sup>-7</sup> mole de Et(Ind)<sub>2</sub>ZrCl<sub>2</sub> en solution dans le toluène.

Le contenu du ballon de 50 cm<sup>3</sup> est introduit dans 30 le ballon de 500 cm<sup>3</sup>. Le tout est alors introduit dans le réacteur de polymérisation. L'essai a lieu à 80°C sous

4 bars d'éthylène. Après 30 minutes de polymérisation, on obtient 20,2 g de polymère.

Les résultats sont indiqués dans le Tableau 7.

Exemple 37 (Comparatif) :

5 On procède comme à l'Exemple 35, excepté que le catalyseur métallocène est utilisé à raison de 0,5  $\mu$ mole/l et que le TiBA est remplacé par MAO utilisé à raison de 0,5 mmole/l, en respectant les proportions d'aluminium.

10 On récupère 14,6 g de copolymère après 30 minutes de polymérisation.

Les résultats sont également rapportés dans le Tableau 7.

Tableau 7

Copolymerisation de l'éthylène et de l'hexène-1

Pression = 4 bars d'éthylène

Température = 80°C

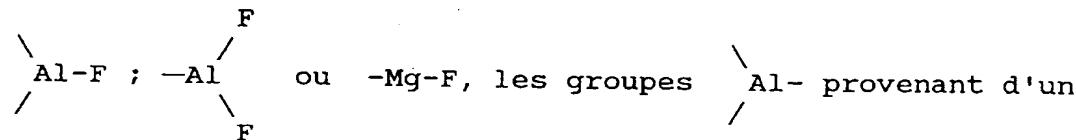
Milieu de suspension = 300 cm<sup>3</sup> d'heptane

Exemple	$\mu\text{mole/l}$ de catalyseur Et(Ind) <sub>2</sub> ZrCl <sub>2</sub>	Solide activateur du catalyseur (mg)	Cocatalyseur (mmole/l)	Productivité sur 30 minutes (gCOPo/molZr)
34	0,5	Solide Q (18)	TIBA (0,5)	$1,71 \times 10^6$
35 (comp.)	3	—	TIBA (1)	0
36	0,5	Solide Q (22)	TIBA (0,5)	$1,34 \times 10^6$
37 (comp.)	0,5	—	MAO (0,5)	$9,73 \times 10^7$

## ABRÉGÉ

# SUPPORT SOLIDE ACTIVATEUR DES CATALYSEURS MÉTALLOCÈNES EN POLYMÉRISATION DES OLÉFINES, SON PROCÉDÉ DE PRÉPARATION, SYSTÈME CATALYTIQUE ET PROCÉDÉ DE POLYMÉRISATION CORRESPONDANTS.

Ce support solide activateur des métallocènes en tant que catalyseurs dans la polymérisation des oléfines, caractérisé par le fait qu'il consiste en un ensemble de particules de support de composant catalytique solide, formées d'au moins un oxyde minéral poreux, lesdites particules ayant été modifiées pour porter, en surface, des sites acides de Lewis, aluminiques et/ou magnésiens, de formule :

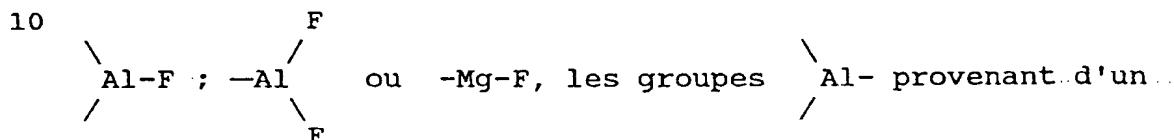


agent de fonctionnalisation ayant réagi sur des radicaux -OH portés par les particules de base du support, la réaction de fonctionnalisation ayant été suivie par une réaction de fluoruration.

Le système catalytique selon l'invention comprend (a) un catalyseur métallocène, lequel a, le cas échéant, été soumis à une préalkylation ; (b) un cocatalyseur ; et (c) un support solide activateur du métallocène tel que défini ci-dessus, le cocatalyseur (b) pouvant être absent si le catalyseur métallocène (a) a été préalablement alkylé, le support (c) pouvant avoir été imprégné par le catalyseur métallocène (a), lequel a, le cas échéant, été soumis à un traitement de préalkylation conduit soit avant, soit après la préimprégnation dudit support.

REVENDICATIONS

1 - Support solide activateur des métallocènes en tant que catalyseurs dans la polymérisation des oléfines, caractérisé par le fait qu'il consiste en un ensemble de 5 particules de support de composant catalytique solide, formées d'au moins un oxyde minéral poreux, lesdites particules ayant été modifiées pour porter, en surface, des sites acides de Lewis, aluminiques et/ou magnésiens, de formule :



15 agent de fonctionnalisation ayant réagi sur des radicaux -OH portés par les particules de base du support, la réaction de fonctionnalisation ayant été suivie par une réaction de fluororation.

2 - Support selon la revendication 1, caractérisé 20 par le fait que les oxydes minéraux sont choisis parmi la silice, l'alumine et leurs mélanges.

3 - Support selon l'une des revendications 1 et 2, caractérisé par le fait que les particules comportent des pores d'un diamètre allant de 7,5 à 30 nm.

25      4 - Support selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé par le fait que les particules présentent une porosité allant de 1 à 4 cm<sup>3</sup>/g.

30      5 - Support selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé par le fait que les particules présentent une surface spécifique allant de 100 à 600 m<sup>2</sup>/g.

6 - Support selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé par le fait qu'elles présentent un diamètre moyen allant de 1 à 100 µm.

35      7 - Support selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé par le fait que les particules présentent à leur surface, de 0,25 à 10, notamment de 0,5 à 4, desdits sites acides de Lewis aluminiques et/ou magnésiens au moins partiellement fluorés par nm<sup>2</sup>.

8 - Support selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisé par le fait que lesdits sites acides de Lewis aluminiques et/ou magnésiens au moins partiellement fluorés sont formés par la réaction de radicaux -OH portés par les 5 particules de base de support avec au moins un agent de fonctionnalisation choisi parmi :

- les composés de la formule (I) :



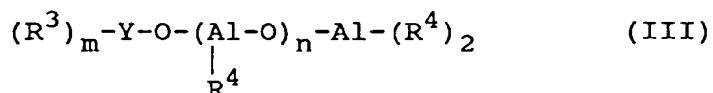
10 dans laquelle les  $\text{R}^1$ , identiques ou différents, représentent chacun un groupe alkyle en  $\text{C}_1\text{-C}_{20}$  ;

- les composés de la formule (II) :



dans laquelle les  $\text{R}^2$ , identiques ou différents, représentent chacun un groupe alkyle en  $\text{C}_1\text{-C}_{20}$  ; et

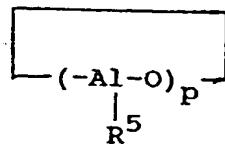
15 - les composés de la formule (III) :



dans laquelle :

- les  $\text{R}^3$ , identiques ou différents représentent chacun un groupe alkyle en  $\text{C}_1\text{-C}_{12}$  ou un groupe alcoxy en  $\text{C}_1\text{-C}_{12}$  ;
- les  $\text{R}^4$ , identiques ou différents, représentent chacun un groupe alkyle en  $\text{C}_1\text{-C}_{12}$  ou un groupe alcoxy en  $\text{C}_1\text{-C}_{12}$  ;
- Y représente Al ou Si, m valant 2 si Y = Al et 3 si Y = Si ; et
- n vaut 0 ou est un entier de 1 à 40, de préférence n valant 0 ou étant un entier de 1 à 30 ;

- les composés de formule (IV) :



(IV)

5 dans laquelle :

- les  $\text{R}^5$  représentent chacun un groupe alkyle en  $\text{C}_1-\text{C}_8$  ; et
- $p$  est un entier de 3 à 20,

ladite réaction de fonctionnalisation ayant été suivie par  
10 une réaction de fluoration.

9 - Support selon la revendication 8, caractérisé par le fait que le composé (I) est le triéthylaluminium.

10 - Support selon la revendication 8, caractérisé par le fait que le composé (II) est le n-butyl sec.-butyl  
15 magnésium.

11 - Support selon la revendication 8, caractérisé par le fait que le composé (III) est le dibutoxyaluminoxytriéthoxysilane  $(\text{C}_2\text{H}_5\text{O})_3\text{Si-O-Al-(OC}_4\text{H}_9)_2$ , le tétraisobutylaluminoxane  $(i\text{Bu})_2\text{Al-O-Al}(i\text{Bu})_2$ , et les  
20 alkyl aluminoxanes oligomères linéaires, en particulier ceux dans lesquels  $\text{R}^3$  et  $\text{R}^4$  sont des groupes méthyle.

12 - Support tel que défini à l'une des revendications 1 à 11, préimprégné par un catalyseur métallocène, ledit catalyseur métallocène ayant été le cas  
25 échéant soumis à un traitement de préalkylation conduit avant ou après la préimprégnation dudit support.

13 - Procédé de préparation d'un support solide activateur des métallocènes en tant que catalyseurs dans la polymérisation des oléfines, caractérisé par le fait que  
30 l'on soumet à une fonctionnalisation un ensemble de particules de support de composant catalytique solide, formées d'au moins un oxyde minéral poreux et portant, en surface, des radicaux -OH, en utilisant un agent de fonctionnalisation capable de greffer sur lesdites  
35 particules des sites acides de Lewis aluminiques et/ou

magnésiens ; puis que l'on soumet lesdites particules de support ainsi greffées à un traitement de fluoruration.

14 - Procédé selon la revendication 13, caractérisé par le fait que les oxydes minéraux sont choisis 5 parmi la silice, l'alumine et leurs mélanges.

15 - Procédé selon l'une des revendications 13 et 14, caractérisé par le fait que l'on utilise des particules comportant des pores d'un diamètre allant de 7,5 à 30 nm.

16 - Procédé selon l'une des revendications 13 à 10 15, caractérisé par le fait que l'on utilise des particules présentant une porosité allant de 1 à 4 cm<sup>3</sup>/g.

17 - Procédé selon l'une des revendications 13 à 16, caractérisé par le fait que l'on utilise des particules présentant une surface spécifique allant de 100 à 600 m<sup>2</sup>/g.

18 - Procédé selon l'une des revendications 13 à 15 17, caractérisé par le fait que l'on utilise des particules présentant un diamètre moyen de 1 à 100 µm.

19 - Procédé selon l'une des revendications 14 à 18, caractérisé par le fait que l'on utilise des particules 20 présentant, à leur surface, de 0,25 à 10, notamment de 0,5 à 4, desdits radicaux -OH par nm<sup>2</sup>.

20 - Procédé selon l'une des revendications 13 à 19, caractérisé par le fait que l'on utilise un agent de fonctionnalisation tel que défini à l'une des revendications 25 8 à 11.

21 - Procédé selon l'une des revendications 13 à 20, caractérisé par le fait que l'on conduit la fonctionnalisation en traitant une suspension desdites particules en milieu solvant par ledit agent de 30 fonctionnalisation à une température de -100 à +150°C pendant un laps de temps de 1 minute à 12 heures, puis en récupérant les particules greffées après lavage.

22 - Procédé selon l'une des revendications 13 à 21, caractérisé par le fait que l'on utilise 0,5 à 20 mmoles 35 d'agent de fonctionnalisation par g de particules.

23 - Procédé selon l'une des revendications 13 à 22, caractérisé par le fait qu'après la fonctionnalisation,

on conduit un traitement thermique sous gaz inerte, de préférence en lit fluidisé par ledit gaz inerte, ledit traitement étant destiné à éliminer les groupes alcoxy présents en surface.

5           24 - Procédé selon l'une des revendications 13 à 23, caractérisé par le fait que, préalablement à la fluoration, on conduit un traitement d'oxydation, consistant notamment en un traitement thermique en lit fluidisé par l'oxygène.

10          25 - Procédé selon l'une des revendications 13 à 24, caractérisé par le fait que l'on effectue la fluoration en mettant en contact avec de l'acide fluorhydrique gazeux les particules de support fonctionnalisées, le cas échéant après traitement thermique sous gaz inerte et/ou après 15 oxydation, à raison notamment de 1 à 5% en poids, en particulier 3 à 5% en poids, de fluor par rapport auxdites particules de support, cette mise en contact étant effectuée pendant un laps de temps d'1 minute à 24 heures, à une température de 20 à 800 °C.

20          26 - Procédé selon l'une des revendications 13 à 24, caractérisé par le fait qu'on effectue la fluoration par  $(\text{NH}_4)_2\text{SiF}_6$  en mélangeant les particules de support fonctionnalisées, le cas échéant après traitement thermique sous gaz inerte et/ou après oxydation, avec  $(\text{NH}_4)_2\text{SiF}_6$  25 pulvérulent, à raison notamment de 1 à 5% en poids, en particulier 3 à 5% en poids, de fluor par rapport auxdites particules de support, puis en fluidisant légèrement le mélange précité avec un gaz inerte et en conduisant un traitement thermique à une température d'environ 300 à 500°C 30 pendant environ 1 à 10 heures.

(27) - Système catalytique pour la polymérisation des oléfines, comprenant :

- (a) un catalyseur métallocène, lequel a, le cas échéant, été soumis à une préalkylation ;
- 35 (b) un cocatalyseur ; et

(c) un support solide activateur du métallocène, tel que défini à l'une des revendications 1 à 11 ou préparé par le procédé tel que défini à l'une des revendications 13 à 26,

5 le cocatalyseur (b) pouvant être absent si le catalyseur métallocène (a) a été préalablement alkylé, le support (c) pouvant avoir été imprégné par le catalyseur métallocène (a), lequel a, le cas échéant, été soumis à un traitement de préalkylation conduit soit avant, soit après la 10 préimprégnation dudit support.

28 - Système catalytique selon la revendication 27, caractérisé par le fait que le catalyseur métallocène (a) est choisi parmi les composés de formule (V) :

ML <sub>x</sub>	(V)
-----------------	-----

15 dans laquelle :

- M représente un métal de transition appartenant du groupe 4b de la Classification Périodique ;
- L représente un ligand coordonné au métal de transition, au moins un ligand L étant un groupement au squelette 20 de type cycloalcadiényle ; et
- x est égal à la valence du métal de transition, les ligands L, dont le nombre est égal à la valence du métal de transition M, étant identiques ou différents ;
- o lorsque le composé (V) contient au moins deux groupements au squelette de type cycloalcadiényle, au moins deux de ces groupements pouvant être liés entre eux par un radical bivalent ;
- o lorsqu'un groupement au squelette cycloalcadiényle est substitué, les substituants pouvant être choisis parmi 25 les groupes alkyle en C<sub>1</sub>-C<sub>20</sub>, alcényle en C<sub>2</sub>-C<sub>20</sub>, aryle et aralkyle, deux substituants se trouvant dans des positions adjacentes sur un même noyau cyclopentadiényle pouvant être reliés entre eux, formant un cycle aromatique ou non, condensé sur ledit 30 noyau cycloalcadiényle, et, dans le cas où ce dernier

est un noyau cyclopentadiényle, le cycle condensé résultant pouvant être un cycle indényle, tétrahydroindényle, fluorényle, octahydrofluorényle ;

- o au moins un ligand L pouvant être choisi parmi les groupements de formule  $-O-$  ;  $-S-$  ;  $-NR^6-$  ; ou  $-PR^6$  (avec  $R^6$  représentant l'hydrogène ou un groupement choisi parmi les groupements silyle, alkyle ou aryle, ces deux derniers étant éventuellement halogénés) dont l'une des valences libres est liée à l'atome de métal de transition M, et l'autre valence libre est liée à un radical bivalent, lui-même lié à un ligand L au squelette cycloalcadiényle ; et les groupements de formule  $-OR^7$  ;  $-SR^7$  ;  $-NR^7_2$  ou  $-PR^7_2$  ( $R^7$  ayant la même signification que  $R^6$  ci-dessus) dont la valence libre est liée à un radical bivalent, lui-même lié à un ligand L au squelette cycloalcadiényle ;
- o des ligands L différents de ceux définis ci-dessus pouvant être choisis parmi les groupements hydrocarbonés comportant de 1 à 20 atomes de carbone ; les groupements alcoxy ; et les halogènes.

29 - Système catalytique selon l'une des revendications 27 et 28, caractérisé par le fait que le cocatalyseur (b) est choisi parmi :

(b1) les alkylaluminiums de formule (Ia)

25  $Al(R^8)_3$  (Ia)

dans laquelle les  $R^8$ , identiques ou différents, représentent alkyle, substitué ou non, comportant de 1 à 12 atomes de carbone ; alcoxy ; aryle ; halogène ; hydrogène ou oxygène ; au moins un  $R^8$  représentant alkyle ;

(b2) les sesquihalogénures d'aluminium ;

(b3) les composés de formule (IIIa) consistant en les composés de formule (III) tels que définis à la revendication 8 dans laquelle  $Y = Al$  ;

(b4) les composés de formule (IV) tels que définis à la revendication 8.

30 - Système catalytique selon la revendication 29, caractérisé par le fait que le 5 cocatalyseur (b) est choisi parmi le méthylaluminoxane, le triisobutylaluminium et le triéthylaluminium.

31 - Système catalytique selon l'une des revendications 27 à 30, caractérisé par le fait que le rapport molaire Al du cocatalyseur (b1) ou (b2) au métal de 10 transition du métallocène est de 1 à 10 000, en particulier de 1 à 2 000 ; et le rapport molaire Al du cocatalyseur (b3) ou (b4) au métal de transition du métallocène (a) est de 1 à 10 000, en particulier de 10 à 200.

32 - Système catalytique selon l'une des 15 revendications 27 à 31, caractérisé par le fait que le solide activateur est utilisé à raison de 0,01 à 2 000 mg, en particulier de 0,01 à 200 mg, par  $\mu$ mole de catalyseur métallocène.

33 - Procédé d'homopolymérisation ou de 20 copolymérisation des oléfines, en suspension ou en phase gazeuse, en présence d'un système catalytique tel que défini à l'une des revendications 27 à 32.

34 - Procédé selon la revendication 33, caractérisé par le fait qu'on utilise des oléfines en 25  $C_2-C_{20}$ , en particulier des alpha-oléfines telles que l'éthylène, le propylène, le 1-butène, le 4-méthyl-1-pentène, le 1-octène, le 1-hexène, le 3-méthyl-pentène, le 3-méthyl-1-butène, le 1-décène, le 1-tétradécène.

35 - Procédé selon la revendication 34, 30 caractérisé par le fait que l'oléfine à (co)polymériser est l'éthylène.

36 - Procédé selon l'une des revendications 33 à 35, conduit en suspension, caractérisé par le fait que, dans un réacteur, on introduit une suspension en milieu inerte, 35 tel qu'un hydrocarbure aliphatique, du système catalytique, la concentration du métallocène (a) étant de 0,5  $\mu$ mole/l à 10  $\mu$ moles/l, celle du cocatalyseur (b) étant de 0,01 à

5 mmoles/l, la quantité de solide activateur étant de 0,5 à 1000 mg/l, puis on introduit la ou les oléfines sous une pression de 1 à 250 bars, la (co)polymérisation étant conduite à une température de -20°C à 250°C, pendant un laps 5 de temps de 5 minutes à 10 heures.

37 - Procédé selon la revendication 36, caractérisé par le fait que l'on introduit le ou les oléfines sous une pression de 0,5 à 60 bars, et l'on opère à une température de 10°C à une température légèrement 10 inférieure à la température de fusion du polymère.

38 - Procédé selon l'une des revendications 33 à 35, conduit en phase gazeuse, caractérisé par le fait qu'on injecte la ou les oléfines sous une pression de 1-60 bars, à une température de 10 à 110°C, dans un réacteur comportant 15 un lit agité et/ou à lit fluidisé du système catalytique.

39 - Procédé selon l'une des revendications 33 à 38, caractérisé par le fait qu'on opère en présence d'un agent de transfert de chaîne, tel que l'hydrogène.

40 - Procédé selon l'une des revendications 33 à 20 39, caractérisé par le fait qu'on conduit d'abord une prépolymérisation en suspension ou, de préférence, en phase gazeuse, sur le système catalytique tel que défini à l'une des revendications 27 à 32, puis on introduit les particules de prépolymère ainsi obtenues dans le procédé de 25 (co)polymérisation proprement dit en suspension ou en phase gazeuse.